

NRP无车辙沥青混合料的应用

张佳¹ 张永宁²

1. 宁夏公路管理中心银川分中心; 2. 中咨公路养护检测技术有限公司

摘要: 无车辙沥青路面是通过将无车辙沥青路面改性剂NRP直接投放于拌和楼拌缸、与基质沥青和矿料拌和生产NRP改性沥青混合料的新型改性工艺。某高速公路主线收费广场改造采用NRP无车辙改性剂, 具体方案为: 对旧水泥混凝土板注浆补强加铺4cmAC-16NRP+6cmAC-20NRP沥青混合料, 提高收费站广场沥青路面的使用寿命, 并为推广NRP无车辙沥青路面技术积累相关数据。

关键词: NRP无车辙改性剂; 车辙病害; 配合比设计; 施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.047

一、NRP无车辙改性剂工艺介绍

(一) 应用背景

无车辙沥青铺装技术是在干法SBS原创技术的基础上, 引入单组分环氧和反应型增粘树脂, 针对特种交通和苛刻工况路段打造出新一代NRP (NO-RUTTING PAVEMENT) 无车辙沥青铺装技术: 通过最优化的沥青混合料改性设计、特定的施工工艺, 将沥青路面设计寿命期内车辙深度指数 (RDI) 保持在良以上、不发生1.5cm以上车辙, 不因为流动变形类病害导致路面维修, 同时提升沥青混凝土疲劳开裂性能, 整体延长沥青路面使用寿命。

(二) 技术介绍

NRP无车辙 (维修) 沥青路面: 在设计寿命全周期范围内, 经检测得到的沥青路面车辙深度RDI指数始终维持在良等级之上即车辙深度小于1.5cm, 并且不会出现较严重的流动变形类路面破坏。

核心技术: 在沥青混合料拌和时, 加入采用干法SBS与单组分环氧接枝的NRP改性剂, 由于其颗粒直径比其他改性剂小约两个数量级, 且比表面积较大, 所以投入拌合站后能在较短时间内熔化并形成三向网状结构, 提升沥青路面抗水损、抗裂性能, 减小拌合站能耗, 提高产能, 避免出现熔化不充分导致混合料性能波动增大。技术特点:

(1) 采用NRP无车辙改性剂沥青混凝土路面, 具备沥青混凝土路面的舒适、抗滑等各种共性优势。

(2) 在70℃高温1.0MPa较苛刻的工况下, 采用NRP无车辙改性剂的沥青混凝土路面碾压240小时仍“纹丝不动”, 普通的改性沥青混凝土路面在10小时后即产生1.5cm的车辙病害。

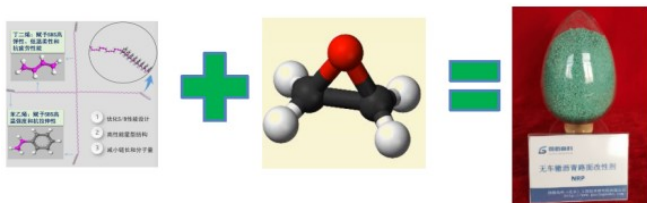


图1 无车辙沥青路面技术原理图

(3) 彻底解决现有车辙试验方法与实际路面车辙寿命“说不清”的问题, 全面革新特重交通沥青路面混合料设计体系。

(4) 施工工艺简单可控, 与普通热拌沥青混合料基本相当, 无须养生, 路表降至50℃后即可开放交通。

二、本项目工程建设难点

NRP无车辙改性剂是一种新型的外加沥青混合料改性剂, 因不同的使用环境及使用场所, 有一定的差异性, 在宁夏、内蒙等地区项目的应用过程中, 也存在一些问题具体如下:

(1) 配合比设计

NRP无车辙沥青混合料配合比设计是保证沥青路面质量的基础, 沥青混合料配合比设计又分为目标配合比设计及生产配合比设计, 作为一种新型材料如何将NRP无车辙改性剂的性能发挥的更大的作用, 就需要最合适的配合比设计。

(2) 拌和及施工

NRP无车辙沥青混合料应其本身的性能特性, 需要更高的拌和和施工温度, 如何选择更合理的拌和工艺及施工工艺, 是保证施工质量的关键。

三、NRP无车辙沥青路面在本项目中的应用

NRP无车辙沥青路面应用于某项目收费站广场水泥混凝土路面加铺层, 具体应用结果如下:

(一) 路面结构设计

路面结构设计:

原收费站广场设计为: 将原收费站广场破损面板进行更换, 处理完成后加铺4cmAC-16NRP无车辙沥青路面+6cmAC-20NRP无车辙沥青路面。

(二) 配合比设计

1. 原材料

(1) 基质沥青: A级90#道路石油沥青。

(2) 改性剂: 采用NRP无车辙沥青路面改性剂, 下面层AC-20掺量为混合料质量0.8%, 上面层AC-16掺量为混合料质量1.0%。

2. 配合比设计

为保证NRP无车辙沥青混合料路面顺利实施, NRP无车辙沥青混合料配合比设计委托到某综甲资质单位进行, 并由其继续提供相应的技术服务。



图2 NRP无车辙沥青路面改性剂

(1) AC-20目标配合比设计结果

经配合比试验得到AC-20NRP沥青混合料设计结果详见表1-表2。

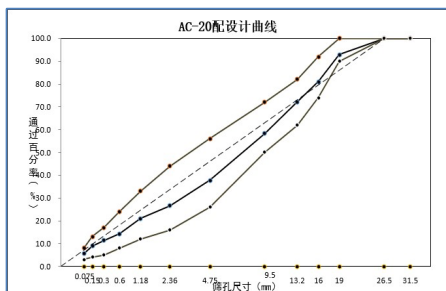


图3 NRP无车辙AC-20级配曲线图

(2) AC-16目标配合比设计

经配合比试验得到AC-16NRP沥青混合料设计结果详见表3-表4。

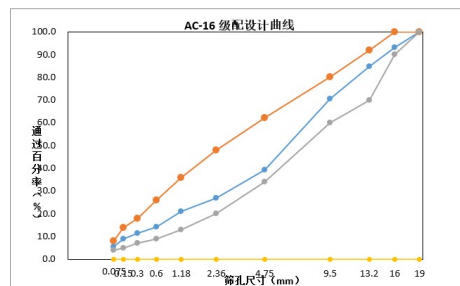


图4 NRP无车辙AC-16级配曲线图

通过以上AC-20NRP和AC-16NRP配合比数据可以看出：

(1) 加入NRP无车辙改性剂后，相比于普通改性剂沥青混合料动稳定度有较大提高。

(2) NRP无车辙沥青混凝土配合比设计符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)的相关要

表1 NRP无车辙AC-20C矿质混合料组成配合比计算表

筛孔尺寸 (mm)	原材料级配通过百分率 (%)						合成级配 (%)	设计级配 范围 (%)
	(19-26.5) mm	(9.5-19) mm	(4.75-9.5) mm	(2.36-4.75) mm	(0-2.36) mm	矿粉		
	粗集料	粗集料	粗集料	粗集料	细集料			
	12	33	19	6	27	3		
26.5	100	100	100	100	100	100	100.0	100
19.0	40.5	100	100	100	100	100	92.9	90-100
16.0	0.9	78.6	100	100	100	100	81.0	74-92
13.2	0.1	51.9	100	100	100	100	72.1	62-82
9.5	0.1	13.3	94.3	100	100	100	58.3	50-72
4.75	0.1	0.1	11.3	92.3	100	100	37.7	26-56
2.36	0.1	0.1	1	2.6	86.3	100	26.7	16-44
1.18	0.1	0.1	1.1	0.6	65.3	100	20.9	12-33
0.6	0.1	0.1	0.1	0.6	41.6	100	14.3	8-24
0.3	0.1	0.1	0.1	0.6	30.9	99.6	11.4	5-17
0.15	0.1	0.1	0.1	0.6	22.2	95.8	9.0	4-13
0.075	0.1	0.1	0.1	0.6	11.2	82.4	5.6	3-8

说明：NRP掺量为沥青混合料重量的0.8%，施工中应注意回收粉尘不得用作矿粉，0.075mm筛孔的通过率不满足要求时，应调整矿粉用量。生产配合比应尽量靠近设计配合比。

表2 NRP无车辙AC-20目标配合比设计结果

	配合比设计结果												
	最佳沥青用量 (%)	毛体积相对密度	理论最大相对密度	空隙率 (%)	矿料间空隙率 (%)	饱和度 (%)	稳定度 (kN)	流值 (mm)	残留稳定度 (%)	冻融劈裂抗拉强度比 (%)	动稳定度 (次/mm)	最大弯拉应变 (μ ε)	渗水系数 (mL/min)
马歇尔	4.5	2.475	2.582	4.1	14.3	70.9	13.25	3.4	97.2	96.5	>7000	2869	0
技术要求	—	—	—	2~5	≥13.1	65~75	≥8.0	2~4	≥85	≥80	≥7000	≥2500	≤120

最终确定的矿料级配组成为：19mm~26.5mm粗集料12%，9.5mm~19mm粗集料33%，4.75mm~9.5mm粗集料19%，2.36mm~4.75mm粗集料6%，0~2.36mm细集料27%，矿粉3%，NRP掺量为沥青混合料总量的0.8%，最佳沥青用量为4.5%（折算油石比为4.71%）。

表4 NRP无车辙AC-16目标配合比设计结果

	配合比设计结果												
	最佳沥青用量 (%)	毛体积相对密度	理论最大相对密度	空隙率 (%)	矿料间空隙率 (%)	饱和度 (%)	稳定度 (kN)	流值 (mm)	残留稳定度 (%)	冻融劈裂抗拉强度比 (%)	动稳定度 (次/mm)	最大弯拉应变 (μ ε)	渗水系数 (mL/min)
马歇尔	4.7	2.473	2.582	4.2	14.8	71.6	13.46	3.3	95.4	96.1	>7000	2870	0
技术要求	—	—	—	2~5	≥13.7	65~75	≥8.0	2~4	≥85	≥80	≥7000	≥2500	≤120

配合比设计 最终确定的矿料级配组成为：9.5mm~19mm粗集料32%，4.75mm~9.5mm粗集料32%，2.36mm~4.75mm粗集料6%，0~2.36mm细集料27%，矿粉3%，NRP掺量为沥青混合料总量的1.0%，最佳沥青用量为4.7%（折算油石比为4.93%）。

表3 NRP无车辙AC-16C矿质混合料组成配合计算表

筛孔尺寸 (mm)	原材料级配通过百分率 (%)					合成级配 (%)	设计级配 范围 (%)
	(9.5-19) mm	(4.75-9.5) mm	(2.36-4.75) mm	(0-2.36) mm	矿粉		
	粗集料	粗集料	粗集料	细集料			
	32	32	6	27	3		
19.0	100	100	100	100	100	100.0	100
16.0	78.6	100	100	100	100	93.2	90-100
13.2	51.9	100	100	100	100	84.6	76-92
9.5	13.3	94.3	100	100	100	70.4	60-80
4.75	0.1	11.3	92.3	100	100	39.2	34-62
2.36	0.1	1	2.6	86.3	100	26.8	20-48
1.18	0.1	1.1	0.6	65.3	100	21.1	13-36
0.6	0.1	0.1	0.6	41.6	100	14.3	9-26
0.3	0.1	0.1	0.6	30.9	99.6	11.4	7-18
0.15	0.1	0.1	0.6	22.2	95.8	9.0	5-14
0.075	0.1	0.1	0.6	11.2	82.4	5.6	4-8

说明：NRP掺量为沥青混合料重量的1.0%，施工中应注意回收粉尘不得用作矿粉，0.075mm筛孔的通过率不满足要求时，应调整矿粉用量。生产配合比应尽量靠近设计配合比。

求，并且在现有沥青路面施工技术体系中可轻松实现，无须增加特殊施工工艺和流程。

(三) 项目实际应用情况

1. 施工概述

2022年8月，在某高速公路收费站开展了NRP无车辙沥青路面施工，当日天气晴，最高气温24℃。

主要工作内容包括：施工现场、摊铺、碾压等。

表5 施工信息

混合料类型	NRP改性沥青 AC-20、AC-16
摊铺厚度	4cm+6cm
施工桩号	某高速公路收费站
施工时间	2022年8月
混合料类型	NRP无车辙沥青路面 AC-20、AC-16



图5 NRP无车辙沥青混合料施工现场

2. 施工检测数据

表6 NRP无车辙AC-20、AC-16马歇尔试验

项目	单位	AC-20 检测结果	AC-16 检测结果	技术要求 (%)
毛体积相对密度	/	2.493	2.502	/
理论最大密度	/	2.596	2.593	/
稳定度MS	kN	14.15	13.24	≥8.0
流值FL	0.1mm	3.3	3.4	15-40
空隙率 (%)	%	4.0	3.5	2-5

表7 AC-20、AC-16车辙动稳定度试验结果

试件类型	D1	D2	动稳定度 (次/mm)	技术要求
NRP AC-20	0.435	0.487	12115	≥10000
	0.532	0.585	11887	
NRP AC-16	0.496	0.553	11053	
	0.477	0.531	11667	

检测结论如下：

(1) 动稳定度试验结果显示，添加NRP后马歇尔各项指标及动稳定度数据符合JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》及项目设计文件中关于改性沥青混合料的技术要求。

(2) 车辙试验结果显示，NRP改性沥青混合料的车辙动稳定度处较高水平，具有优异的高温抗永久变形能力。

四、总结

无车辙沥青铺装技术是基于沥青路面温度场和应力场分析，引入新型单组分环氧和反应型增粘树脂，实现沥青“刚柔复合”的改性效果，针对特种交通和苛刻工况路段打造出新一代NRP (NO-RUTTING PAVEMENT) 无车辙沥青路面铺装技术，本身具有如下技术优点：

性能突出：不降低沥青路面其他性能的前提下，更好的满足高温重载交叉口交通环境，提高特重交通沥青路面抗流动变形能力。

降低成本：全寿命周期成本减少接近90%，与同类技术相比有较大的降低。

工艺简单：拌和站采用常规的沥青路面施工技术体系即可，无须增加特殊施工工艺和流程。

施工迅速：无须养生，路表降至 50℃后即可开放交通，并且可以洒水降温以加快开放交通时间。

舒适性好：具备沥青路面的抗滑、舒适等各种共性优势。

以上优点使NRP无车辙路面在长上坡、公交专用道、交叉口、机场跑道、高速货车道及服务路段等特重交通路段，以及其他苛刻工况路段有着广泛的应用前景。

参考文献

[1] 李晓鹏, 郭彦强, 韩浩强, 弥海晨. 抗车辙剂在路面养护大中修工程中的应用研究[J]. 湖南交通科技, 2018 (02).

[2] 刘勇, 吴昊. NRP无车辙路面在工程养护中的应用研究[J]. 居舍, 2022 (02).

[3] 段号炎, 慕海瑞, 杨锐. PR抗车辙剂在高速公路沥青混合料中的应用研究[J]. 中外公路, 2011 (02).